

Fertirrigación mineral con dos concentraciones de nutrientes en plantas de adelfa en contenedor. Evolución de parámetros de crecimiento

D. Roca*, J.J. Cerdà, L. Pérez, A. del Busto, A. Quiñones

* Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA). Ctra CV 25, km 10,7. 46113 Moncada, Valencia. email: roca_dolfer@gva.es

Resumen

La producción de planta ornamental en contenedor destaca en el sector de la horticultura ornamental, siendo la adelfa la especie cultivada dominante. Minimizar los costos económicos y ambientales exige aumentar las eficiencias del agua y los fertilizantes sin mermar la producción y la calidad final. La calidad final exige mantener los aportes de agua y de nutrientes en el óptimo, la falta de información suficiente de las demandas nutritivas a lo largo del cultivo resulta a menudo en el sobredimensionando del aporte de fertilizantes en el manejo del cultivo. En el cultivo de la adelfa en contenedor pueden distinguirse 3 fases de cultivo a partir de la plantación de esquejes enraizados; fase 1) crecimiento vegetativo (desde plantación en contenedor definitivo hasta octubre), fase 2) mantenimiento y acumulación de reservas (noviembre a febrero) y, fase 3) crecimiento reproductivo (floración) de marzo a abril. Hemos comparado los efectos de la fertirrigación continua con dos concentraciones de nutrientes sobre las evoluciones del contenido relativo de clorofila por unida de área foliar (SPAD), del área foliar específica (SLA), y del contenido específico de nitrógeno foliar (SNC) de adelfas de flores blancas, rosas y rojas cultivadas en contenedor en las fases 2 y 3, habiendo sido fertirrigadas por igual hasta octubre. Mientras que no aparecen diferencias en la evolución del contenido de clorofila y del grosor de la hoja sí las hay en las reservas de nitrógeno. Los distintos niveles de nitrógeno foliar alcanzados en las adelfas de distinto color de flor al final de la fase 1 (octubre), condicionan las estrategias de fertilización en las fases posteriores: los mayores niveles en las hojas de adelfas blancas (2,74 mg N/100 mg hoja seca, (% N)) permiten fertirrigar hasta abril con concentración mineral diluida sin mermar ni el crecimiento ni las reservas de las plantas, los niveles alcanzados en adelfas rosas (2,51% N) permiten fertirrigar hasta enero con concentración diluida pero exigen mayor concentración mineral durante el crecimiento reproductivo mientras que, las menores reservas de nitrógeno alcanzadas por las adelfas rojas en octubre (2,21%) exigen fertirrigar durante todo el periodo de estudio con la solución concentrada. Se concluye que para reducir la emisión de lixiviados en el cultivo de adelfa en contenedor deben alcanzarse niveles de reservas de nitrógeno foliar en torno al 2,74% durante la primera fase de crecimiento, y que se requiere estudiar la estrategia de fertilización específica a aplicar según el tipo de adelfa que se trate. El uso de un medidor amigable, no destructivo, como el de contenido relativo de clorofila en unidades SPAD, se ha mostrado ineficaz para decidir la estrategia de fertilización a seguir en el cultivo de plantas de adelfa en contenedor.

Palabras clave: planta ornamental en contenedor, *Nerium oleander*, fertirrigación, crecimiento, nitrógeno.

INTRODUCCIÓN

Para producir plantas de elevada calidad limitando aplicaciones excesivas de nutrientes es necesario tratar de ajustar los aportes de fertilizantes a los momentos de demanda. Para la mayoría de las especies cultivadas, esta demanda nutricional no se ha definido y las plantas ornamentales, con más de 500 especies producidas principalmente en contenedor, no son una excepción (Chen et al., 2001). El rango óptimo de nutrientes minerales depende, además del material vegetal (especie, variedad), del sustrato - confinado o no en un contenedor -, de la irrigación y de los factores del clima. Ello obliga a realizar experimentaciones de una especie concreta con varias dosis fertilizantes bajo las condiciones propias de los viveros productores (condiciones climáticas, tipo de protección, sustratos, riego, ciclos de cultivo, manejo de la planta). El cultivo en contenedor y en sustrato, desde la perspectiva de absorción por la planta del agua aportada en el riego, tiene una eficiencia menor del 50 %, tanto por sus características específicas, que requieren riego en exceso para conseguir las condiciones óptimas de crecimiento y función de las raíces, como por una inadecuada, y subsanable, distribución y/o elección de material de riego, que da lugar a elevadas pérdidas de lixiviados con una elevada concentración de elementos minerales, principalmente nitrato (Owen et al, 2008) que son aportados en exceso.

La adelfa es la especie cultivada dominante en la horticultura ornamental de la Comunidad Valenciana, y se produce, y se comercializa, en contenedor. El riego localizado a la altura del sustrato es el sistema más extendido al que se asocia la nutrición mineral con fertilizantes líquidos. Aunque se sabe que la adelfa es una especie mediterránea, rústica, adaptada al bajo uso de insumos, las elevadas exigencias de calidad y la escasez de información de pautas de fertilización dan lugar a aportes en exceso con “recetas” similares a las utilizadas en la horticultura intensiva, muy exigente en los mismos.

El material vegetal de la adelfa cultivada es diverso, y los productores y compradores lo identifican por el color, forma y tipo de corola de las flores. Los principales tipos corresponden a flores blancas, rosas y rojas, de corola simple, y generalmente resultan en plantas con desarrollos diferentes. Aunque la técnica de los productores se va perfeccionando con la experiencia, el manejo del riego y la fertilización en plantas de la misma edad, son similares.

Estudios previos en el cultivo de adelfa en contenedor a pequeña escala (Roca y Martínez, 2014) sugirieron la conveniencia de reducir los aportes de fertilizantes durante el invierno y la primavera. Con el fin de mejorar la información en este aspecto a mayor escala y con distinto material que permita acotar la aplicación óptima de riego y fertilizantes en plantas de adelfa en contenedor sin comprometer la calidad nutricional final, se comparan los efectos sobre el crecimiento a nivel de las hojas (contenido de clorofila, grosor de la hoja y niveles de nitrógeno) de la fertirrigación continuada durante 200 días con una solución nutritiva supraóptima frente a la misma diluida al 50%.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se ha realizado el seguimiento del crecimiento en plantas de adelfa de flor simple de 3 colores (blanco (B), rosa (Rs) y Rojo (R)) cultivadas en contenedor procedentes de un vivero comercial dónde han sido cultivadas por igual entre variedades durante el crecimiento vegetativo (desde plantación en contenedor definitivo hasta octubre). Posteriormente se trasladaron a un invernadero del IVIA (Moncada, Valencia)

dónde se cultivaron hasta el estado comercial (de octubre de 2013 a abril de 2014). Las plantas recibieron prácticas de cultivo comunes en cuanto a condiciones climáticas, régimen y dotación de riego, edad de las plantas, tipo de sustrato (mezcla turba 70%: fibra de coco 30%), tamaño y tipo de contenedores. Además, el sistema de fertirrigación automático, aportando una solución fertilizante (relación N:P:K, 3:1:2), se manejó ajustando frecuencia y dotación, asegurando un volumen de drenaje de, al menos, un 30 % del volumen diario aportado tras monitorizaciones semanales durante todo el periodo estudiado. Para anular el efecto de las variaciones de los parámetros climáticos dentro del invernadero, se distribuyó el experimento de forma bifactorial, en 4 bloques al azar con 12 plantas por unidad de tratamiento y 4 repeticiones ($n = 288$).

Factor A: 2 x concentración solución mineral supraóptima (SO) y diluida un 50 % ($SO_{50\%}$), siendo SO (en mmol.L^{-1} : NO_3^- 10,3; H_2PO_4^- 2,0; SO_4^- 1,3; NH_4^+ 0,65; K^+ 5,2; Ca^{2+} 3,25; Mg^{2+} 1,3).

Factor B: 3 x colores de flor (flor simple blanca (B), rosa (Rs) y roja (R)).

El área foliar específica (SLA) es un indicador de la tasa fotosintética, siendo inversamente proporcional a la misma y, con ello, a la demanda nutricional debida al crecimiento, por ellos, los perfiles de las variaciones de ambos parámetros se utilizan para comparar, las respuestas fisiológicas de adaptación (plasticidad) a factores externos entre especies, o entre cultivares durante el crecimiento. A los 50, 150 y 250 días tras trasplante (DTT) (octubre, enero y abril, respectivamente), se determinó, de 4 plantas/unidad de tratamiento, el área foliar específica media (SLA en cm^2/g hoja seca), tras referir el área foliar por planta obtenida con medidor LICOR (LI-3100, Lincoln, NE) al peso seco total de las mismas tras 7 días de secado a 80°C . Para conocer las reservas de N total en hojas se determinó, por volumetría ácido-base siguiendo el método Kjeldhal, la concentración de N (en $\text{mg N}/100 \text{ mg}$ hoja seca).

Dado que la demanda hídrica está determinada por la superficie evapotranspiratoria, como indicador del efecto de la fertirrigación en estudio, que engloba el riego y la fertilización, se consideró de interés conocer la evolución del Contenido Específico de Nitrógeno (SNC en $\text{g N}/\text{cm}^2$) a partir de la razón entre la concentración de nitrógeno total en la hoja (% N en $\text{mg N}_{\text{total}}/100 \text{ mg}$ hoja seca) y el área foliar específica (SLA). Paralelamente, se evaluó la apariencia física de las plantas en cultivo (foliar) midiendo el contenido relativo de clorofila (unidades SPAD en hojas de 6 plantas/unidad de tratamiento, SPAD-502 Konica, Minolta) realizadas desde octubre hasta abril con frecuencia quincenal.

La comparación del efecto de los tratamientos sobre los parámetros medidos se realizó a través de un ANOVA y para la separación de medias se aplicó el criterio LSD de Fisher al 95%. La herramienta utilizada para los análisis estadísticos fue Statgraphics Plus v.5.1. para Windows (Statgraphics Corp., 2005).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Desde octubre hasta abril se observa un patrón general de la evolución del área foliar específica (SLA) y de los niveles de nitrógeno (%N) con disminución progresiva, y paralela, de ambos parámetros ($\text{SLA}=0,025* \%N$, $r^2=0,78$, $p<0,05$). Tal y como se indica en Tabla 1, el grosor de las hojas ($1/\text{SLA}$), y con ello la tasa fotosintética, aumentó mientras disminuían los niveles de nitrógeno por unidad de peso (% N), apuntando a que no hay limitación del crecimiento debida al nitrógeno en las adelfas ensayadas.

Sin embargo, la reducción significativa, de en torno al 9%, del % N foliar al final de la fase reproductiva (en abril, 250 días tras trasplante y punto de venta de la planta; Tabla 1) en el conjunto de adelfas fertirrigadas con solución diluida (SO50%), pone de manifiesto una reducción de la acumulación de reservas de este elemento. Ello podría comprometer la calidad nutricional de la planta postventa.

Al inicio del tratamiento de fertilización, los contenidos relativos de clorofila (Figura 1) son similares en todas las adelfas ensayadas, con un valor medio de 60,7 unidades SPAD. Lemaire (2007) señala que cada especie tiene un rango de unidades SPAD y que la variabilidad entre cultivares depende de los factores del clima, del estado de crecimiento y de la disponibilidad hídrica y mineral, factores que en nuestro experimento han sido los mismos para las adelfas ensayadas. Sin embargo, durante los 100 días siguientes, de octubre a enero, cuando aumentaron sustantivamente estos valores en todas las adelfas, se mostraron diferencias entre las de distinto color: mayor contenido relativo de clorofila, en torno a 69 unidades SPAD, en las adelfas blancas y rosas con respecto a las rojas, que aunque lograron aumentar ligeramente los valores adquiridos en octubre (de 61 a 63 unidades SPAD), no alcanzaron a los obtenidos por las blancas y rosas. Más adelante, durante la fase de crecimiento reproductivo, de enero a abril, descendieron los contenidos de clorofila en todas las adelfas, pero en diferente grado según el color de la flor: las adelfas blancas alcanzaron niveles mayores frente a los obtenidos por las adelfas rosas y rojas.

No aparecieron diferencias de contenido de clorofila entre los dos tratamientos de fertilización para ningún estado de desarrollo.

Diferentes caracteres morfogénicos según cultivares sometidos a las mismas condiciones de cultivo, pueden indicar diferentes estrategias de la planta en la adquisición y gestión de recursos para el crecimiento (Milla y Reich, 2008). Al final de la fase previa al inicio del tratamiento fertilizante aparecieron diferencias entre las adelfas de distinto color de flor, tanto en el grosor de las hojas ($1/SLA$), como en los niveles de nitrógeno ($mgN/100\text{ mg}$ de hoja seca) (Tabla 1), aún habiendo sido regadas y abonadas por igual durante los 50 primeros días tras la plantación de esquejes (50 DTT).

Las hojas más gruesas - de menor área foliar específica -, fueron las de las adelfas rosas y rojas ($91,9$ y $97,2\text{ cm}^2/g$ hoja seca, respectivamente) que disponían, además, de menos nitrógeno foliar ($2,51$ y $2,21\text{ mg N}/100\text{mg}$ hoja seca, respectivamente). Las hojas de las adelfas blancas fueron las más finas ($SLA: 104,3\text{ cm}^2/g$ hoja seca) y con más nitrógeno ($2,74\text{ mg N}/100\text{mg}$ hoja seca) (Tabla 1).

Estos diferentes estados entre adelfas de distinto color de flor pudieron condicionar las respuestas posteriores a los tratamientos de abonado. Así tenemos que, las adelfas de flores blancas y rosas mantuvieron hasta los 150 DTT niveles similares de nitrógeno por unidad de área foliar (SNC en torno a $0,265\text{ g N}/\text{cm}^2$, Figura 2) independientemente de la concentración de la solución mineral utilizada durante la fertirrigación en ese tramo.

A los 50 DTT, los contenidos específicos de nitrógeno (SNC) en las adelfas rojas aparecieron significativamente inferiores a los de las adelfas blancas y rosas, en torno a $0,230\text{ g N}/\text{cm}^2$ de hoja (Figura 2) pero, tras 100 días de fertirrigación con solución concentrada (SO) consiguieron acercarse a los niveles alcanzados por las adelfas blancas y rosas (en $\text{g N}/\text{cm}^2$ de hoja: $0,250$ frente a $0,265$, en Figura 2 a los 150

DTT). La fertirrigación de las adelfas rojas con la solución SO_{50%} disminuyó significativamente el SNC en enero hasta 0,223 g N/cm².

La dosis de abonado aplicada durante la fase de crecimiento reproductivo no afectó al contenido específico de nitrógeno en adelfas blancas, para las que no aparecieron diferencias significativas entre ambos tratamientos que muestran un valor medio de 0,245 g N/cm² a los 250 DTT, tal y como indica la Figura 2, y esto se relaciona con los elevados niveles de nitrógeno en las hojas ya desde el inicio del experimento (2,74 mg N/100mg; Tabla 1).

Sí se vio afectado el SNC en adelfas rosas desde los 150 DTT hasta los 250 DTT. Mientras el abonado (SO) dio lugar a los mayores niveles de SNC (0,259 g N/cm², Figura 2) registrados en todas las adelfas, la fertirrigación con la solución SO_{50%} resultó en un drástico descenso de este parámetro (inferior a 0,210 g N/cm², Figura 2). Se deduce con ello que los niveles intermedios de reserva de nitrógeno foliar al inicio del experimento (2,51 mg N/100mg; Tabla 1), permitieron fertirrigar con SO_{50%} durante los 100 primeros días del experimento sin mermas en la calidad nutricional, sin embargo este abonado (SO) se mostró insuficiente durante la exigente fase reproductiva.

La fertirrigación con solución SO no logró aumentar significativamente los niveles de nitrógeno por unidad de área foliar en las adelfas rojas durante el crecimiento reproductivo. Aunque, aparentemente, la fertirrigación con la solución supraóptima (SO) resultó en mayores SNC frente a los registrados con solución diluida (SO_{50%}), no alcanzaron los niveles obtenidos por las adelfas blancas fertirrigadas con SO y SO_{50%} ni por las rosas fertirrigadas con SO en este estado de desarrollo. Y esto se relaciona con los bajos niveles de reserva de nitrógeno foliar registrados en octubre (2,21 mg N/100 mg; Tabla 1) que no lograron subsanar con la fertirrigación continua con solución supraóptima.

CONCLUSIONES

- 1) el estado de las reservas de nitrógeno foliar de las plantas de adelfa a los 50 días tras trasplante de esquejes enraizados (50 DTT) determina el manejo de la fertilización de su cultivo en los 200 días siguientes hasta el momento de venta;
- 2) deben conseguirse niveles de nitrógeno foliar del 2,74% a los 50 días tras trasplante de esquejes enraizados para reducir en al menos un 50% las pérdidas de nitrógeno por los lixiviados durante los siguientes 200 días de cultivo sin mermas en la calidad nutricional final;
- 3) las estrategias de fertilización durante los primeros 50 días de cultivo que permitan obtener un % N foliar del 2,74 % deben adaptarse al tipo de adelfa que se esté cultivando y,
- 4) el uso de un medidor del contenido relativo de clorofila (unidades SPAD) no se ha mostrado útil en el cultivo de adelfa en contenedor para detectar de modo amigable y no destructivo el cambio de estrategia de fertilización para mantener el estatus nutricional.

Agradecimientos

A Horticultura Calabuig SL por facilitar las plantas de este ensayo. Este trabajo es parte del proyecto (2012-2013) financiado por IVIA “Mejora de la fertirrigación de la planta ornamental en contenedor”.

Referencias

- Chen J, Huang Y, Caldwell RD. 2001. Best management practices for minimizing nitrate leaching from container-grown nurseries. *The Scientific World Journal* 1:96–102.
- Lemaire, G. 2007. Diagnostic Tool (s) for Plant and Crop N Status. Theory and Practice for Crop N Management. In Proceedings of the 15th N Workshop “Towards a Better Efficiency in N use”, Lleida, Spain, 28–30 May 2007; pp. 15-29.
- Milla, R.; Reich P. B. (4 Apr 2008). Environmental and developmental controls on specific leaf area are little modified by leaf allometry. *Functional Ecology* 22: 565–576.
- Owen JS, Warren SL, Bilderback TE, Albano JP. 2008. Phosphorus rate, leaching fraction, and substrate influence on influent quantity, effluent nutrient content, and response of a containerized woody ornamental crop. *HortScience* 43:906-912.
- Roca D, Martínez P-F. 2014. Estudio de la demanda de nutrientes en intervalos de tiempo cortos durante la fase reproductiva de *Nerium oleander* L. En: "VII Congreso Ibérico de Agroingeniería y Ciencias Hortícolas: Innovar y Producir para el Futuro" (F. G. UPM, ed.), pp. 1837-1842, Madrid.

Tabla 1. Evolución de los parámetros de crecimiento, área foliar específica (SLA) y contenido de N total en las hojas, entre las fuentes de variación A: Concentración mineral (supraóptima (SO) y diluida al 50% (SO_{50%})) y, B: Color de la flor (blanca (B), rosa (Rs) y roja (R)), en plantas de adelfa en contenedor a los 50, 150 y 250 días tras trasplante a contenedor (DTT).

A: Concentración mineral	50 DTT	150 DTT	250 DTT
SLA (cm ² /g hoja seca)	n.d. (97,8) ^z	n.d. (79,6)	n.d. (64,6)
(mg N/100 mg hoja seca)	n.d. (2,47)	n.d. (2,08)	*
			SO (1,58) ^y
			SO _{50%} (1,44)
B: Color de la flor	50 DTT	150 DTT	250 DTT
SLA (cm ² hoja/g hoja seca) ^v	*	*	n.d. (64,6)
	B (104,3 a) ^y	R (85,5 a)	
	R (97,2 b)	B (82,1 ab)	
	Rs (91,9 bc)	Rs (75,4 bc)	
(mg N/100mg hoja seca) ^w	*	*	n.d. (1,51)
	B (2,74 a)	B (2,27 a)	
	Rs (2,51 b)	R (2,02 b)	
	R (2,21 c)	Rs (1,95 b)	
A x B^x	50 DTT	150 DTT	250 DTT
SLA (cm ² /g hoja seca)	n.d.	n.d.	n.d.
(mg N/100mg hoja seca)	n.d.	n.d.	n.d.

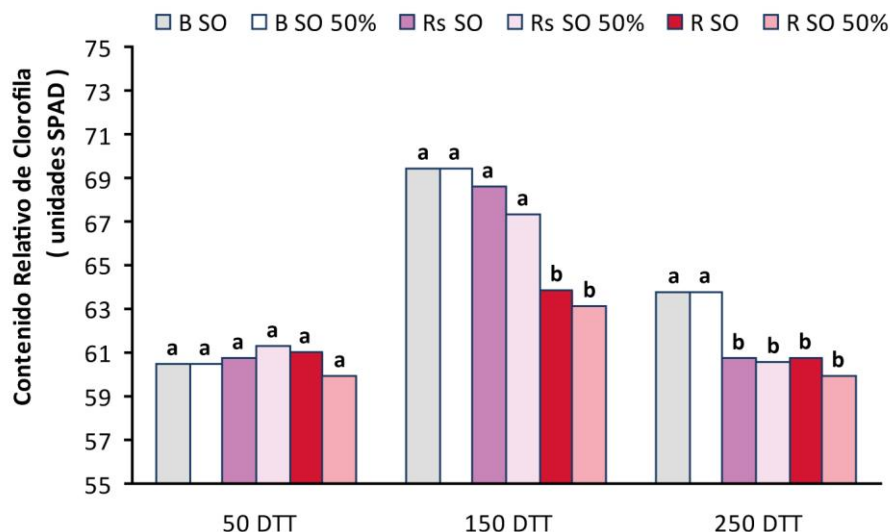
^v área foliar de hoja fresca de planta completa en cm² medida con LI-3100 (LICOR, Lincoln, NE) vs peso seco constante tras 7 días a 70°C.

^w Nitrógeno total Kjeldahl por volumetría ácido-base.

^x ANOVA-bifactorial. Para los parámetros medidos, no hay interacción significativa (n.d.) de la varianza entre los factores A: Concentración Mineral y B: Color de la flor. (p > 0,10). * diferencias significativas entre medias para P>0.05

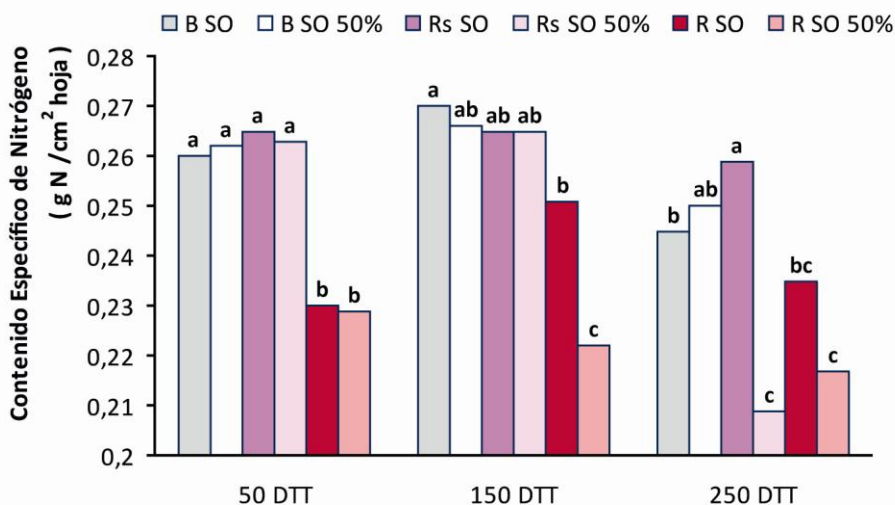
^y Para cada estado de desarrollo, los tratamientos cuyas medias tienen letras diferentes indican diferencia significativa para test LSD de Fisher al 95%.

^z (n.d.) indica que no hay diferencia significativa al 95%. Se indica entre paréntesis el valor medio del parámetro medido para ese estado de desarrollo.



Medias de 36 medidas por tratamiento. Letras diferentes en un mismo estado de desarrollo indican diferencia significativa según test LSD, $p < 0.005$.

Figura 1.- Contenido Relativo de Clorofila (unidades SPAD) en hojas de adelfa en contenedor de flor blanca (B), rosa (Rs) y roja (R) fertirrigadas con solución nutritiva óptima (SO) y diluida al 50% (SO_{50%}) a los 50, 150 y 250 días tras trasplante (DTT).



Medias de 3 plantas por tratamiento. Letras diferentes en un mismo estado de desarrollo indican diferencia significativa según test LSD, $p < 0.005$.

Figura 2.- Contenido específico de nitrógeno en hojas de adelfa en contenedor de flor blanca (B), rosa (Rs) y roja (R) fertirrigadas con solución nutritiva óptima (SO) y diluida al 50% (SO_{50%}) a los 50, 150 y 250 días tras trasplante (DTT)